

POSITIONING METHOD

w/222

Patent number: JP9036202

Publication date: 1997-02-07

Inventor: NISHI TAKECHIKA

Applicant: NIKON CORP

Classification:

- international: H01L21/68; G01B11/00; G02F1/13; G05D3/12; H01L21/027

- european:

Application number: JP19950178630 19950714

Priority number(s):

[View INPADOC patent family](#)

Abstract of JP9036202

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a search alignment of a wafer at a high speed without restricting an arrangement of a search mark on the wafer.

SOLUTION: After positions of first and second search marks 47A, 47B are detected by using a first alignment sensor with respect to the first wafer and a coordinates system of referencing a search mark is acquired from detection results, under condition that the first search mark 47A is detected by the first alignment sensor, a position of a street line area 70 detected by a second alignment sensor is stored. With respect to a second sheet of wafer and after, under condition that the first search mark 47A is detected by the first alignment sensor, a position of the street line area 70 is detected by the second alignment sensor, and based on misalignment quantity between the detection results and the stored position, a coordinate system of referencing the search mark is acquired.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36202

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/68			H 0 1 L 21/68	F
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	C
G 0 2 F 1/13	1 0 1		G 0 2 F 1/13	1 0 1
G 0 5 D 3/12			G 0 5 D 3/12	H
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 Z
審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 19 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-178630

(22) 出願日 平成7年(1995)7月14日

(71) 出願人 00004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

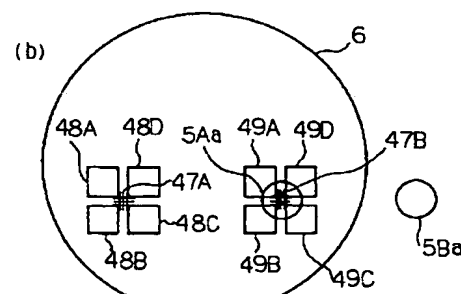
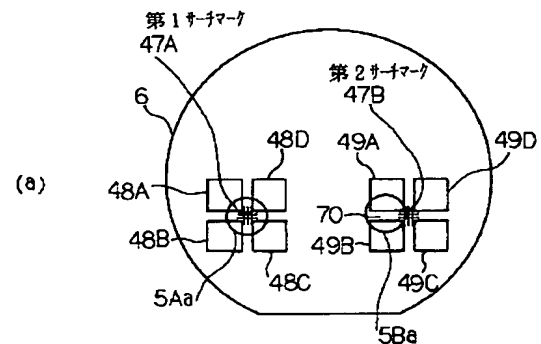
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 位置決め方法

(57) 【要約】

【課題】 ウエハ上のサーチマークの配置に制約を課すことなく、且つ高速にウエハのサーチアライメントを行う。

【解決手段】 先頭のウエハに対して第1のアライメントセンサを用いて第1、及び第2サーチマーク47A、47Bの位置を検出し、検出結果よりサーチマークを基準とした座標系を求めた後、第1のアライメントセンサで第1サーチマーク47Aを検出している状態で、第2のアライメントセンサで検出されるストリートライン領域70の位置を記憶する。2枚目以降のウエハに対しては、第1のアライメントセンサで第1サーチマーク47Aを検出している状態で第2のアライメントセンサでストリートライン領域70の位置を検出し、検出結果と記憶してある位置とのずれ量に基づいてサーチマークを基準とした座標系を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2次元的に移動自在な基板ステージ上に保持された実質的に円形で外周部の一部が切り欠かれた感光基板上にマスクパターンを転写する際の前処理工程として、前記基板ステージ上に前記感光基板を位置決めするための位置決め方法において、前記感光基板を前記基板ステージの上方の所定の受け渡し点に搬送し、

該受け渡し点で前記感光基板の外周部の前記切り欠かれた部分に設定された1箇所の計測点、及び前記感光基板の外周部の他の1箇所以上の計測点の位置をそれぞれ非接触に計測し、該計測結果に基づいて前記感光基板の回転誤差を算出し、

該算出された回転誤差を相殺するように前記感光基板を回した後、前記感光基板を前記基板ステージ上に載置することを特徴とする位置決め方法。

【請求項2】 2次元的に移動自在な基板ステージ上に保持された感光基板上にマスクパターンを転写する際の前処理工程として、前記基板ステージにより前記感光基板を位置決めするための位置決め方法において、感光基板上にそれぞれ2次元的な位置を示す第1及び第2のサーチ用マークを形成しておき、

第1の感光基板上の前記第1及び第2のサーチ用マークの2次元的な位置をそれぞれ検出する第1工程と、該第1工程で検出された位置に基づいて前記第1の感光基板の回転誤差を算出する第2工程と、

前記第1のサーチ用マークの2次元的な位置を検出するのと並行して、前記第1の感光基板上で前記第1のサーチ用マークに対して所定間隔離れたパターンの少なくとも1次元的な位置を検出して記憶する第3工程と、を有し、

次に露光対象とする第2の感光基板を前記基板ステージ上に保持した後、該第2の感光基板上の前記第1のサーチ用マークの2次元的な位置を検出するのと並行して、前記第1のサーチ用マークに対して所定間隔離れたパターンの前記第3工程で記憶された位置からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に基づいて該第2の感光基板の位置決め誤差を算出することを特徴とする位置決め方法。

【請求項3】 請求項2記載の位置決め方法であって、前記第1工程から第3工程までの動作を1ロット中の先頭の感光基板に対して実行することを特徴とする位置決め方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、撮像素子(CCD等)、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される露光装置でマスク上のパターンを感光基板上に

露光する際の感光基板の位置決め方法に関し、特に露光装置のステージ上で感光基板の回転方向の位置決めを行う場合に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等の製造に使用されるステッパー等の投影露光装置においては、マスクとしてのレチクル上に形成された回路パターンを感光基板としてのウエハ(又はガラスプレート等)上のフォトリソスト層に高い重ね合わせ精度で転写するために、レチクルとウエハとを高精度に位置合わせ(アライメント)することが求められている。

【0003】このためのアライメントセンサとしては、特開平5-21314号公報に開示されているように、レーザ光をウエハ上のドット列状のアライメントマークに照射し、そのマークにより回折又は散乱された光を用いてそのマークの位置を検出するLSA(Laser Step Alignment)方式、ハロゲンランプを光源とする波長帯域幅の広い光で照明して撮像したアライメントマークの画像データを画像処理して計測するFIA(Field Image Alignment)方式、あるいはウエハ上の回折格子状のアライメントマークに、例えば周波数を僅かに変えたレーザ光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させ、その位相からアライメントマークの位置を計測するLIA(Laser Interferometric Alignment)方式等のアライメントセンサがある。また、アライメント方式は、投影光学系を介してウエハの位置を測定するTTL(スルー・ザ・レンズ)方式、投影光学系及びレチクルを介してレチクルとウエハとの位置関係を測定するTTR(スルー・ザ・レチクル)方式、及び投影光学系を介することなく直接ウエハの位置を測定するオフ・アクシス方式に大別される。

【0004】これらのアライメントセンサによりウエハステージ上に載置されたウエハの少なくとも2点の位置検出を行うことにより、並進方向ばかりでなく回転方向の位置(回転角)の検出も行われる。ウエハの回転角の計測にも使用されるセンサとしては、TTL方式でLIA(Laser Interferometric Alignment)方式、TTL方式でLSA(Laser Step Alignment)方式、又はオフ・アクシス方式でFIA(Field Image Alignment)方式のアライメントセンサ等がある。

【0005】投影露光装置に対しては、これらのアライメントセンサの検出結果よりレチクルとウエハとを高精度に位置合わせすると同時に、このアライメントに要する時間を短縮し、高いスループット(単位時間当たりのウエハの処理枚数)を維持することも求められている。従ってウエハをウエハステージへ搬送する段階から最終露光に至る全ての段階で処理効率を高めることが必要となる。ここで、従来の露光装置における最終的なアライメントに至る前のウエハの受け渡し工程における動作について、図14を参照して説明する。

【0006】図14は、従来の露光装置におけるウエハの受け渡し機構を説明するためのウエハステージ周辺の構成を示し、この図14においてウエハ搬送装置（不図示）から、Xステージ11上の伸縮機構20を介して設けられたセンターアップ19上にウエハ6が受け渡された状態が示されている。センターアップ19は、試料台9、 θ 回転補正機構8、及びウエハホルダ7の開口に遊嵌する3本のスピンドル部（図14ではその内2本のスピンドル部19a、19bを示す）を有し、伸縮機構20の上下の移動により3本のスピンドル部がウエハ6の受け渡しに対応してウエハ6を上下させるようになっている。また、センターアップ19のウエハの裏面との3箇所の接触部は外部の真空ポンプにより吸引（真空吸引）されており、センターアップ19を上下させるときにウエハ6がずれないようになっている。

【0007】ウエハ6がウエハホルダ7上に真空吸着により静置された後、LSA方式、又はFIA方式等のアライメントセンサによってウエハ6の表面の両端に形成されているアライメントマーク（サーチマーク）の検出信号を生成し、例えばその検出信号がピークとなるときの、試料台9の端部に固定された移動鏡13と外部のレーザ干渉計とにより計測される試料台9の座標を求めることにより、ウエハステージ系の座標系上でのウエハの横ずれ誤差、及び回転誤差が算出される。その結果に基づいて試料台9上の θ 回転補正機構（ θ テーブル）8を駆動してウエハ6の回転誤差を取り除き、レチクルとウエハ6との回転方向の位置合わせを行う構成となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上の如き従来の技術においては、ウエハステージ系の座標系の基準となる移動鏡13を設置した試料台9とウエハ6との間にウエハを回転させるための θ 回転補正機構8が設けられているので、ウエハ6を吸着するウエハホルダ7の真空系の吸着力が弱い場合にウエハ6の横ずれが発生したり、試料台9上に複雑な機構が設けてあるのでステージ全体の剛性が弱くなったり、ステージ全体の重量が増すことによりステージ制御性能が向上しないという不都合があった。そこで、例えば θ 回転補正機構を試料台9の下に配置することも考えられるが、 θ 回転補正機構を駆動してウエハ6の回転角を調整するときに、試料台9上の移動鏡13に入射するレーザ干渉計からの光ビームの角度が変化するので、 θ 回転補正機構8の回転角が制限され、例えばウエハのアライメント精度が悪い場合、それを十分に修正できないという不都合があった。

【0009】更に、従来の露光装置ではウエハホルダ7上にウエハ6を吸着した後、上述のようにLSA方式、又はFIA方式の1つのアライメントセンサによりウエハ6上の2箇所のアライメントマーク（サーチマーク）の位置を検出して、ウエハの横ずれ誤差及び回転誤差を

検出していた。しかしながら、そのように1つのアライメントセンサによって2箇所のアライメントマークを検出する場合、各マークが順次そのアライメントセンサの検出領域に入るようにウエハ6を移動する必要があり、1ロット内の全部のウエハについてそのような動作を繰り返すことは露光工程のスループットを低下させる要因となっていた。また、これを回避するために、それら2箇所のアライメントマークを同時に検出するように2つのアライメントセンサを配置するのは、露光装置に設けられた2つのアライメントセンサの配置によって、ウエハ上の2つのアライメントマークの配置が制約を受けてしまうため、例えば大きさの異なるウエハ等への対応が困難であるという不都合がある。

【0010】これに関して、2つのアライメントセンサの間隔を可変にする機構も考えられるが、このような可変機構は複雑であり、各種センサ等が配置されているウエハステージの周辺には配置しにくいと共に、製造コストが大幅に上昇するという不都合もある。本発明は斯かる点に鑑み、ウエハステージの構成が簡略化でき、それによりウエハステージの剛性向上及び軽量化を図ることができ、結果として例えばウエハロード系からウエハステージにウエハを載置する際のウエハの位置決めを高速且つ高精度に行うことができる位置決め方法を提供することを目的とする。

【0011】更に本発明は、例えばウエハ上のアライメントマークの位置に基づいてウエハステージを介してウエハの位置決めを行う際に、高速に、且つアライメントマークの配置に制約を課すことなく位置決めを行うことができる位置決め方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の位置決め方法は、2次元的に移動自在な基板ステージ（11、12）上に保持された実質的に円形で外周部の一部（オリエンテーションフラット部、又はノッチ部等）が切り欠かれた感光基板（6；6N）上にマスクパターンを転写する際の前処理工程として、基板ステージ（11、12、29）上にその感光基板を位置決めするための位置決め方法において、感光基板（6；6N）を基板ステージ（11、12、29）の上方の所定の受け渡し点に搬送し（ステップ101、102）、この受け渡し点でその感光基板の外周部のその切り欠かれた部分（FP；NP）に設定された1箇所の計測点（51a）、及びその感光基板の外周部の他の1箇所以上の計測点（52a）の位置をそれぞれ非接触に計測し（ステップ103）、この計測結果に基づいてその感光基板の回転誤差を算出し（ステップ104）、このように算出された回転誤差を相殺するようにその感光基板を回した後、その感光基板をその基板ステージ上に載置する（ステップ106）ものである。

【0013】この場合、図5（b）に示すように、その

感光基板の外周部の切り欠かれた部分がノッチ部(NP)である場合には、そのノッチ部(NP)に設定された計測点(51a)での位置計測は2次元の画像処理装置(51)で行うことが望ましい。この場合、そのノッチ部(NP)が形成された感光基板(6N)の外周の他の1点(52a)で1次元の位置計測を行うことにより、感光基板(6N)の2次元的位置ずれ量、及び回転誤差が検出される。

【0014】一方、図5(a)に示すように、その感光基板の外周部の切り欠かれた部分がオリエンテーションフラット部(FP)である場合には、その感光基板(6)の外周の何れの計測点でも画像処理装置(50~52)を使用して、1次元的位置計測を行うのみでよい。但し、1次元的位置計測を行う場合には、オリエンテーションフラット部(FP)の他に2点以上、即ち全部で3点以上の計測点(50a, 51a, 52a)で位置計測を行うことにより、感光基板(6)の2次元的位置ずれ量、及び回転誤差が検出される。これらの場合に、感光基板(6; 6N)の2次元的位置ずれ量は、その後の例えばサーチアライメントでの位置決め目標位置にオフセットとして加算することにより補正される。本発明により、基板ステージ側に感光基板の回転補正機構が不要となり精度が向上する。

【0015】次に、本発明の第2の位置決め方法は、2次元的に移動自在な基板ステージ(10, 11, 29)上に保持された感光基板(6)上にマスクパターンを転写する際の前処理工程として、その基板ステージによりその感光基板を位置決めするための位置決め方法において、感光基板(6)上にそれぞれ2次元的位置を示す第1及び第2のサーチ用マーク(47A, 47B)を形成しておき、第1の感光基板(6)上の第1及び第2のサーチ用マーク(47A, 47B)の2次元的位置をそれぞれ検出する第1工程(ステップ115, 117)と、この第1工程で検出された位置に基づいて第1の感光基板(6)の回転誤差を算出する第2工程(ステップ118)と、第1のサーチ用マーク(47A)の2次元的位置を検出するのと並行して、第1の感光基板(6)上で第1のサーチ用マーク(47A)に対して所定間隔離れたパターン(70)の少なくとも1次元的位置を検出して記憶する第3工程(ステップ120)と、を有し、次に露光対象とする第2の感光基板を基板ステージ(10, 11, 29)上に保持した後、この第2の感光基板上の第1のサーチ用マーク(47A)の2次元的位置を検出するのと並行して、その第1のサーチ用マークに対して所定間隔離れたパターン(70)のその第3工程で記憶された位置からの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量に基づいてこの第2の感光基板の位置決め誤差(回転誤差等)を算出する(ステップ124, 125)ものである。

【0016】斯かる第2の位置決め方法では、第2の感

光基板に対しては第1のサーチ用マーク(47A)を所定の第1のアライメントセンサ(5A)の検出領域に設定した後に、その第1のアライメントセンサから所定間隔離れた第2のアライメントセンサ(5B)の検出領域内のパターン(ストリートライン等)の位置が、第1の感光基板(6)に対して記憶されている位置と比較され、この比較結果から位置決め誤差が求められる。従って、第2の感光基板では第2のサーチ用マークの位置検出を行う必要がなく、第1のアライメントセンサ(5A)により第1のサーチ用マーク検出を行うと同時に、第2のアライメントセンサ(5B)下のその検出領域内のパターンの位置を検出するだけでよい。計測時間が短縮されている。

【0017】この場合、その第1工程から第3工程までの動作を1ロット中の先頭の感光基板に対して実行し、残りの感光基板に対しては先頭の感光基板で記憶されたパターンの位置に基づいて位置決め誤差を算出することが望ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明による位置決め方法の実施の形態の一例につき、図1~図11を参照して説明する。本例は、レチクル上のパターンを投影光学系を介してウエハ上の各ショット領域に縮小して投影露光するステッパ型の投影露光装置でウエハのロード、及びアライメントを行う場合に本発明を適用したものである。

【0019】図3は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図3において、水銀灯等からなる光源、フライアイレンズ、及びコンデンサレンズ等を含む照明光学系IAからの照明光ILのもとで、レチクル1上のパターンが投影光学系3を介して例えば1/4や1/5に縮小されて、フォトリソが塗布されたウエハ6の各ショット領域に投影露光される。図3において、投影光学系3の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図3の紙面に平行にX軸を、図3の紙面に垂直にY軸を取る。

【0020】レチクル1は、レチクル架台31上に載置されたレチクルステージ32上に保持されている。レチクルステージ32は不図示のレチクル駆動系によりXY平面での並進移動及び θ 方向(回転方向)への回転ができるようになっている。レチクルステージ32の上端部にはX方向、Y方向共に移動鏡33が設置されており、移動鏡33とレチクル架台31上に固定されたレーザ干渉計34とによってレチクルステージ32のX方向、Y方向の位置が例えば0.01 μ m程度の分解能で常時検出され、同時にレチクルステージ32の回転角も検出されている。レーザ干渉計34の測定値はステージ制御系16に送られ、ステージ制御系16はその情報に基づいてレチクル架台31上のレチクル駆動系を制御する。また、ステージ制御系16から中央制御系18にレーザ干

渉計34の測定値の情報が供給されており、中央制御系18はその情報に基づいてステージ制御系16を制御する構成となっている。

【0021】一方、ウエハ6は、Xステージ11上の試料台29に固定されたウエハホルダ30上に真空吸着により保持されている。試料台29はウエハ6の、投影光学系3の光軸AX方向(Z方向)の位置及びチルト(傾き)を補正するZチルト駆動部(本例では3個のそれぞれZ方向に移動される部材よりなる)10に支持され、Zチルト駆動部10はXステージ11上に固定されている。また、Xステージ11はYステージ12上に載置され、Yステージ12はウエハベース14上に載置され、それぞれ不図示のウエハステージ駆動系を介してX方向及びY方向に移動できるように構成されている。また、試料台29の上端部にはL字型の移動鏡13が固定され、この移動鏡13と移動鏡13に対向する方向に配置されたレーザ干渉計17とにより試料台29のX方向、Y方向の座標及び回転角が検出される。レーザ干渉計17で計測される座標(X, Y)により規定される座標系をウエハステージの座標系(ステージ座標系)(X, Y)と呼ぶ。

【0022】レーザ干渉計17の測定値はステージ制御系16に送られ、ステージ制御系16はその情報に基づいてウエハステージ駆動系を制御する。また、ステージ制御系16から中央制御系18にレーザ干渉計17の測定値の情報が供給されており、中央制御系18はその情報に基づいてステージ制御系16を制御する構成となっている。また、ウエハステージの近傍にはウエハを受け渡しするためのウエハ搬送装置39(図4(a)参照)が配置され、ウエハステージ内にはウエハの受け渡し機構が備えられているが、これについては後で詳しく説明する。

【0023】更に、本例の投影露光装置にはレチクル1とウエハ6との位置合わせを行うためのTTL方式のアライメントセンサ4、及びオフ・アクシス方式でFIA(撮像方式)方式の2つのアライメントセンサ5A及び5Bが備えられている。本例のアライメントセンサ4の中には、LSA(Laser Step Alignment)方式のアライメントセンサ4と、LIA(Laser Interferometric Alignment)方式のアライメントセンサとが並列に組み込まれており、必要なアライメント精度等に応じて何れかの方式を使用する。アライメント時には、これらのアライメントセンサ4、5A、5Bの何れかによりウエハ6上に形成されたアライメントマークの位置、又は所定のパターンの位置を検出し、その検出結果に基づき、常時ウエハ6の各ショット領域に前工程で形成されたパターンとレチクル上のパターンとを正確に位置合わせする。これらのアライメントセンサ4、5A、5Bからの検出信号はアライメント制御系15によって処理され、アライメント制御系15は中央制御系18により制御されてい

る。また、試料台29上に、ウエハ6の表面と同じ高さの表面を有する基準マーク部材43が固定され、基準マーク部材43の表面にはアライメントの基準となるマークが形成されている。

【0024】以上のように、ステージ制御系16及びアライメント制御系15は中央制御系18により制御され、中央制御系18が投影露光装置の全体を統轄的に制御して、一定のシーケンスで露光動作が行われる構成となっている。次に、本例では投影光学系3のウエハ側の端部付近に3個のオフ・アクシス方式の2次元の画像処理装置50、51、52が配置されている。これらの画像処理装置50～52はそれぞれ、ウエハが後述のようにウエハホルダ30の上方のローディングポジション(受け渡し位置)に搬送されたときに、ウエハの外周部のエッジ部の像を撮像するものである。画像処理装置50～52からの撮像信号がアライメント制御系15に供給され、アライメント制御系15では供給された撮像信号からその受け渡し位置にあるウエハの横ずれ誤差、及び回転誤差を算出する。画像処理装置50～52の配置及び構成については後述する。

【0025】次に、ウエハ搬送系及びウエハステージ上のウエハの受け渡し機構について図4を参照して説明する。なお、ウエハステージはウエハホルダ30、試料台29、Zチルト駆動部10、Xステージ11、Yステージ12、及びウエハベース14を総称するものである。図4(a)は本例のウエハ搬送系及びウエハステージ周辺の構成の平面図、図4(b)はその側面図を示す。図4(a)及び(b)において、ウエハステージの-X方向の上方には、ウエハを受け渡しするためのウエハ搬送装置39が配置されている。ウエハ搬送装置39はX方向に直列に並んだウエハアーム21、22、それらのウエハアーム21、22を所定の位置までスライドさせるスライダ23、及びウエハアーム21、22を駆動する不図示のアーム駆動系から構成されている。また、スライダ23は露光装置本体とは独立に設置されており、スライダ23の駆動時の振動が露光装置本体側に伝わらないようになっている。更に、2つのウエハアーム21、22は共にU字状の平板部を有し、それらの上表面にウエハが載置されるようになっている。これらの2つのウエハアーム21、22により露光後のウエハをアンロード(搬出)すると同時に、次のウエハをロードできるようになっている。

【0026】即ち、ウエハアーム21、22は、ローダ制御装置24からの指令に基づき、スライダ23に沿って、ウエハがウエハステージ系に受け渡されるローディングポジションまで移動し、ウエハアーム22により露光された前のウエハ6Aを搬出する。その後、ウエハアーム21により次に露光されるウエハ6をウエハステージ上に移動し、センターアップ38上に載置する。図4(b)は、スライダ23上のウエハアーム22に露

光濟みのウエハ6 Aが載置され、ウエハアーム21からセンターアップ38の先端部にウエハ6が渡された状態を示している。

【0027】センターアップ38は、Xステージ11上に設けられた伸縮機構35に支持され、試料台29、及びウエハホルダ30の開口に遊嵌する3本のスピンドル部38a~38cを有し、伸縮機構35の上下方向(Z方向)への移動により3本のスピンドル部38a~38cがウエハを上下させてウエハの受け渡しが行われる。3本のスピンドル部38a~38cの先端にはそれぞれ真空吸着用の吸着孔が形成され、それらの先端はウエハの受け渡し時にはウエハアーム21、22との間で受け渡しのできる高さまで移動し、ウエハをウエハホルダ30上に載置する際には、ウエハホルダ30の表面より低い位置まで移動する。また、スピンドル部38a~38cの先端を真空吸引することにより、センターアップ38を上下させるときにウエハがずれないようにしている。

【0028】また、その伸縮機構35はその中心軸35Zを中心としてXY平面上で回転自在に支持され、Xステージ11上に設けられた回転駆動系36により回転する駆動軸37と係合して、回転駆動系36を制御する中央制御系18からの指令により所望の角度まで回転できるようにになっている。この回転駆動系36、駆動軸37、及び伸縮機構35からなる回転系は十分な角度設定分解能を持っており、一例として $20\mu\text{rad}$ の精度でウエハ6を回転させることができる。

【0029】また、図4(c)はウエハ搬送系のターンテーブル60を示し、この図4(c)において、ターンテーブル60上のウエハ6が図4(b)のウエハアーム21を介してセンターアップ38に渡される。また、ターンテーブル60の近傍にスリット状の光ビームをウエハ6の外周部に照射する投光部61aと、ウエハ6の外周部を通過した光ビームを受光して光電変換する受光部61bとを含む偏心センサ61が配置され、受光部61bからの検出信号S1が図4(b)の中央制御系18に供給されている。なお、本例の受光部61bは1個のフォトダイオードよりなるが、それ以外に例えば1次元のラインセンサ等を使用して直接ウエハの外周部の位置を検出してもよい。この場合、本例のウエハ6は、図4(a)に示すように外形が円形で、外周部の一部が平坦なオリエンテーションフラット部FPに加工されているものである。

【0030】そのため、図4(c)において、ターンテーブル60によりウエハ6を吸着保持した状態で回転すると、ウエハ6の偏心及びオリエンテーションフラット部の存在によって偏心センサ61内を通過するウエハ6の幅が変化する。そして、図4(d)に示すように、ターンテーブル60の回転角 ϕ に対して受光部61bから出力される検出信号S1は、正弦波状で、且つオリエン

テーションフラット部に対応する部分62で低レベルとなるように変化する。中央制御系18では、その検出信号S1及びターンテーブル60の回転角 ϕ より、偏心センサ61の中心にそのオリエンテーションフラット部が位置しているときの回転角 ϕ_F 、及びウエハ6の偏心量を求め、そのオリエンテーションフラット部が所定の方角になるようにしてターンテーブル60を静止させる。また、中央制御系18は、その偏心量の情報に基づいて、そのウエハ6をローディングポジションで受け取る際のウエハ用の試料台29の位置を調整する。

【0031】更に、中央制御系18では、図4(d)に示すように、上述の3個の画像処理装置50~52による計測点に対応する回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C における検出信号S1、及び所定の回転角 ϕ_D における検出信号S1をデジタルデータとして記憶しておく。これに関して、例えば露光装置の仕様上で回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C に対応する計測点でのウエハ6の位置を計測する必要があるときでも、露光装置のウエハステージの構造上で回転角 ϕ_C に対応する位置には画像処理装置52を配置することが困難で、回転角 ϕ_D に対応する位置に画像処理装置52を配置せざるを得ないことがある。更には、画像処理装置を3個ではなく2個しか配置できないような場合もあり得る。先ず、前者の場合には、中央制御系18では、例えば回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C 、 ϕ_D での検出信号S1の値、及び回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_D に対応する計測点でのウエハ6の外周部の位置の計測値より、回転角 ϕ_C に対応する計測点での計測値を推定し、この推定値を用いてウエハ6の横ずれ量や回転誤差を算出する。また、後者の場合には、中央制御系18では、回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C 、 ϕ_D での検出信号S1の値、及び例えば回転角 ϕ_B 、 ϕ_D に対応する計測点でのウエハ6の外周部の位置の計測値より、回転角 ϕ_A 、 ϕ_C に対応する計測点での計測値を推定し、これらの推定値を用いてウエハ6の横ずれ量や回転誤差を算出する。一般にこのような算出方法は、他の露光装置に位置決めピンを使用した機械的なアライメント機構が搭載されている場合等で、回転角 ϕ_A 、 ϕ_B 、 ϕ_C 、 ϕ_D に対応する位置が、機械的な基準位置となっているときのマッチング用として使用される。

【0032】次に、画像処理装置50~52の配置及び構成について詳細に説明する。先ず、図5(a)はローディングポジションにあるウエハ6を示し、この図5(a)において、ウエハ6の外周の3箇所のエッジ部に図3の3個の画像処理装置50、51、52のそれぞれの観察視野50a、51a、52aが設定されている。なお、実際の画像処理の対象は矩形領域であるが、説明の便宜上円形領域として表している。この場合、2個の観察視野50a及び51aがオリエンテーションフラット部FP上に設定され、残りの1個の観察視野52aが円周上に設定されている。このようにウエハ6の外周の

3箇所のエッジ部の位置を検出することにより、ウエハ6の受け渡し後に瞬時にウエハ6のX方向、Y方向の位置ずれ量（横ずれ量）、及び回転誤差の検出、即ちプリアライメント用の検出が行われる。

【0033】そのように横ずれ量、及び回転誤差が検出された場合、X方向、Y方向の位置ずれの補正は、ウエハ6がウエハホルダ30上に載置された後に実行される後述のサーチアライメント時の検出位置を調整することで行われる。一方、回転誤差の補正は、図4（b）において、センターアップ38が下降してウエハ6がウエハホルダ30に接触する前に、回転駆動系36を介してセンターアップ38を回転することにより行われる。

【0034】また、ウエハにはオリエンテーションフラット部の代わりに、図5（b）に示すように円形の外周の一部にV字型のノッチ部NPが形成されたウエハ6Nもある。このようなウエハ6Nに対しては、それら3箇の観察視野50a～52aは、1箇の観察視野51aがノッチ部NPを覆い、他の2箇の観察視野50a、52aが円形の外周のエッジ部を覆うように設定される。この配置により、ウエハ6の受け渡し後に瞬時に、ノッチ部NPを有するウエハ6Nの横ずれ量、及び回転誤差が検出される。

【0035】図6は、本例の画像処理装置50の一例の構成を示し、この図6において、ランプ、又は発光ダイオード等の光源58からのフォトレジストに対する感光性の弱い波長帯の照明光が、光ガイド57の一端に集光される。そして、光ガイド57の他端から射出された照明光が、コリメータレンズ56、ハーフプリズム54、及び対物レンズ53を介して、3本のスピンドル部38a～38cの先端上のローディングポジションにあるウエハ6の外周のエッジ部に照射されている。そのエッジ部からの反射光が、対物レンズ53、ハーフプリズム54、及び結像レンズ55を経て2次元CCD等からなる撮像素子59の撮像面にそのエッジ部の像を形成する。撮像素子50からの撮像信号がアライメント制御系15に供給され、アライメント制御系15ではその撮像信号よりウエハ6の検出対象のエッジの位置を求める構成となっている。

【0036】また、図12は本例の画像処理装置50の別の構成例を示す。この図12において、ランプ又は発光ダイオード等の不図示の光源からのフォトレジストに対する感光性の弱い波長帯の照明光が、光ガイド72の一端に集光される。そして、光ガイド72の他端から射出された照明光が偏向ミラー73により折り曲げられて、試料台29Aの上面の開口部75を通して射出される。試料台29A上に配置されたウエハホルダ30Aには、その開口部75を通過した照明光を通すための切り欠き部74が設けてあり、3本のスピンドル部38a～38cの先端上のローディングポジションにあるウエハ6の外周のエッジ部に開口部75、切り欠き部74を通

過した照明光が照射されるように構成されている。そして、そのエッジ部の近傍を透過した照明光が対物レンズ53A、結像レンズ55Aを経て、2次元CCD等からなる撮像素子59の撮像面にそのエッジ部の像を形成する。撮像素子50からの撮像信号がアライメント制御系15に供給され、アライメント制御系15ではその撮像信号よりウエハ6の検出対象のエッジの位置を求める構成となっている。

【0037】前記の何れの画像処理装置を使用しても、ウエハ6はセンターアップ38（スピンドル部38a～38c）上に載置されているため、図6の2点鎖線で示すようにウエハ6の外周のエッジ部は僅かに下方（－Z方向）に撓んでいる。また、ウエハ6の厚さのばらつきによりその撓み量が異なるため、その対物レンズ53及び結像レンズ55よりなる結像光学系は、テレセントリック光学系で、且つ焦点深度が大きい開口数NAを有する必要がある。照明光の波長を λ とすると、焦点深度はほぼ λ/NA^2 に比例するため、開口数NAを小さくすることにより大きな焦点深度が得られ、その結果としてウエハ6の中で最も大きく撓んでいる部分のエッジ部をも正確に検出できるようになる。例えば、照明光の波長 λ が0.633 μ mの場合には、開口数NAを0.03程度にすれば、0.5mm以上の焦点深度が得られ、20 μ m程度の分解能が得られる。一般に、分解能の1/10程度が検出能力となるので、検出能力は2 μ m程度となり、高精度なアライメントが可能となる。

【0038】なお、図5（a）に示すように、オリエンテーションフラット部FPや、ウエハの外周の通常のエッジ部の位置検出を行うためには必ずしも2次元の画像処理を行う必要はなく、それぞれ当該エッジ部の法線方向を計測方向とするラインセンサのような1次元の撮像素子、又はその法線方向を走査方向とする撮像管（ITV）からの撮像信号を処理してもよい。これは、それらの位置検出方向が1次元であり、例えば図5（a）の場合には3箇所の1次元の位置検出結果より、ウエハ6のX方向、Y方向の位置ずれ量、及び回転誤差を求めることができるからである。

【0039】但し、図5（b）に示すように、ノッチ部NPを有するウエハ6Nのノッチ部NPについては、X方向及びY方向について位置検出を行う必要があるため、ノッチ部NPは2次元の画像処理装置で位置検出を行う必要がある。ここで、ノッチ部NPの検出方法につき図7を参照して説明する。まず、図7（a）はウエハ6Nのノッチ部NPの拡大図であり、この図7（a）において、従来はウエハホルダ上でウエハ6Nの位置決めを行うためにノッチ部NPに所定の直径dの円柱状の位置決めピンを押し当てていた。従って、ノッチ部NPの形状の規格はその位置決めピンの形状に基づいて定められていた。そこで、2次元の撮像素子の撮像面と共役なノッチ部NP上の領域を観察視野63とすると、一例と

してその観察視野63内の画像データよりノッチ部NPの2つのエッジに接触する直径dの仮想位置決めピン64を想定し、この仮想位置決めピン64の中心OのX座標、Y座標を検出する。

【0040】また、別の例として、図7(b)に示すように、観察視野63内の画像データよりノッチ部NPの2つのエッジ65A、65Bの交点Pの座標、及び一方のエッジ65Bとウエハの外周との交点65Cの座標を求める方法もある。この場合、エッジ65A上に交点65Cと対称な位置に交点65Dを仮想的に設け、3つの交点P、65A、65Bを頂点とする三角形を仮定する。そして、底辺である交点65C、65Dの間隔に対して比例配分によって、底辺の間隔がdとなる三角形の位置を求め、この三角形の底辺の中点を中心Oとして、この中心OのX座標、Y座標を求めるようにしてもよい。

【0041】次に、ウエハの更に別の例、及びそれらに合った検出系の例につき図13(a)及び(b)を参照して説明する。まず、ノッチ部の種類としては、図13(a)に示すように、6時方向のノッチ部NP1、又は3時方向のノッチ部NP2の何れかを有するウエハ6Mがあり、これらを両方共正確に検出する必要がある。そのため、図13(a)において、ウエハ6Mの底面のウエハホルダ30Bには、ノッチ部NP1、NP2を照射するための切り欠き部30Ba、30Bbと、機械的プリアライメントとして一般的に利用される基準ピンの位置を照射するための切り欠き部30Bc~30Beが形成され、これらの切り欠き部30Ba~30Beがそれぞれ図12の画像処理装置によって底面側から照明されるようになっている。ウエハ6Mに6時方向のノッチ部NP1がある場合の位置及び回転角の検出は、円形の観察視野51a2を有する2次元画像処理系と、それぞれ直線状の観察視野50a2及び52a1を有する第1及び第2のラインセンサとを用いて行われる。一方、ウエハ6Mに3時方向のノッチ部NP2がある場合の位置及び回転角の検出は、観察視野51a1を有する2次元画像処理系と、それぞれ直線状の観察視野52a1及び50a1を有する第2及び第3のラインセンサとを用いて行われる。即ち、2個の2次元画像処理系と3個のラインセンサとよりなる5個のセンサで両タイプのウエハに対しプリアライメントが兼用できるような構成とされている。

【0042】次に、オリエンテーションフラット部の種類としても、図13(b)に示すように、6時方向のオリエンテーションフラット部FP1、又は3時方向のオリエンテーションフラット部FP2の何れかを有するウエハ6Aがあり、これらを両方共正確に検出する必要がある。そのため、図13(b)において、ウエハ6Aの底面のウエハホルダ30Cには、一方のオリエンテーションフラット部FP1の位置に対応した3つの切り欠き

部30Ca~30Ccと、他のオリエンテーションフラット部FP2の位置に対応した3つの切り欠き部30Cd~30Cfとが形成され、それらの切り欠き部30Ca~30Cfが底面から図12に示す画像処理装置によって照明されるようになっている。そして、ウエハ6Aに3時方向のオリエンテーションフラット部FP2がある場合の位置及び回転角の検出は、それぞれ観察視野52a2、51a2、50a2を有するラインセンサによって行われ、ウエハ6Aに6時方向のオリエンテーションフラット部FP1がある場合の位置及び回転角の検出は、それぞれ観察視野52a1、51a1、50a1を有するラインセンサによって行われるような構成となっている。これらはウエハステージ上で機械的なプリアライメント系の基準ピン位置上に光学的検出系が配置できる場合を示している。しかしながら、これが困難な場合は、前述のように図4(c)に示すターンテーブル60上の計測結果を用いてウエハの外形を求めることで、基準ピンを用いた位置計測結果に置き換えても構わない。

【0043】次に、本例の投影露光装置における位置決め動作の一例につき図1、及び図2のフローチャートを参照して説明する。まず、図1のステップ101において、図4(b)のスライダ23に沿ってウエハアーム21によりウエハ6が搬入され、ローディングポジションにてウエハアーム21の真空吸着が解除されると同時に、センターアップ38が伸縮機構35によって上昇し、センターアップ38上にウエハ6が受け渡される。このとき、同時にセンターアップ38の各スピンドル部38a~38cの真空吸着がオンにされる(ステップ102)。なお、この段階までに、ウエハ6は図4(c)のターンテーブル60を含む機構を介して外形基準によるX方向、Y方向、及び回転方向(θ 方向)へのラフなプリアライメントが終了しており、ウエハ6の位置は、X方向、Y方向に約1~2mm、回転方向に約5°程度の誤差を持つのみとなっている。

【0044】この際に、回転誤差はターンテーブル60の回転により補正されており、X方向、Y方向への誤差は、ウエハアーム21からウエハ6をセンターアップ38に受け渡すときのローディングポジションの位置をX方向、Y方向に調整することで補正されている。このようなラフなプリアライメント実行後でも比較的大きき位置ずれ量、及び回転誤差が残存しているのは、相互に振動を伝えないように、露光装置本体と、ターンテーブル60を含む機構と、スライダ23を含む機構とが独立に設置されているためである。この場合、例えば露光装置本体部とスライダ23を含む機構との間で揺れ条件が異なること等に起因して、スライダ23からセンターアップ38にウエハを受け渡す際に位置ずれ(搬送誤差)が生ずるからである。

【0045】次に、ステップ103において、図3の3個の2次元の画像処理装置50~52を用いてウエハ6

の外形のエッジ位置計測を行う。この場合、図5(a)を参照して説明したように、ウエハ6のオリエンテーションフラット部FPに沿った2箇所の観察視野50a, 51a、及び円形の外周の1箇所の観察視野52aにおいてそれぞれエッジ位置の計測が行われる。これに関して、従来はウエハ6のプリアライメントを行うために、ウエハホルダ30上で3個の位置決めピンに対してウエハ6を押し当てていた。即ち、従来のプリアライメントは接触方式で行われていた。これに対して本例のプリアライメントは、非接触方式と呼ぶことができる。

【0046】そして、本例の3個の観察視野50a~52aは、それぞれ従来の接触方式で使用されていた3個の位置決めピンの位置と同じ位置に設定されている。これによって、仮に図5(a)のウエハ6の直前のレイヤが、接触方式で位置決めを行う露光装置で露光されていたとしても、プリアライメント後のマッチングが取れている、即ち位置ずれ量が少ないという利点がある。なお、仮に投影光学系3の周囲の各種センサ等の配置等によって観察視野50a~52aを位置決めピンの位置に設定できない場合でも、既に説明したように図4(c)のターンテーブル60、及び偏心センサ61を用いたウエハの外形計測の結果を用いて、実測値から位置決めピンの位置でのウエハのエッジ位置を正確に推定することもできる。

【0047】同様に、ウエハが図5(b)に示すようにノッチ部NPを有するウエハ6Nの場合であっても、図7(a), (b)を参照して説明したように、画像処理により仮想的な位置決めピンの中心Oの位置を求めることにより、接触方式とのマッチングを取ることができる。なお、ノッチ部NPを有するウエハ6Nに対して、接触方式でプリアライメントを行う露光装置とのマッチングを取る必要がない場合は、例えば図7(b)において、ノッチ部NPの2つのエッジ65A, 65Bの全範囲で位置データを求め、これらの位置データより最小二乗近似計算によって仮想ノッチ形状(2本の近似直線によって規定されるV字形状)を求め、その2本の近似直線の交点をノッチ検出位置としてもよい。これによって、ノッチ部NPの形状誤差に依存することなく、高精度にウエハの位置検出を行うことができる。

【0048】その後、ステップ104において、ステップ103での計測結果に基づいて、ウエハ6のX方向への位置ずれ量 ΔX 、Y方向への位置ずれ量 ΔY 、及び回転誤差 $\Delta \theta$ を算出する。ここでは、回転誤差 $\Delta \theta$ も広義の位置ずれ量とみなす。この際に、本例では図5(a)に示すように、オリエンテーションフラット部FPに沿った観察視野50a, 51aでの検出結果よりY方向への位置ずれ量 ΔY 、及び回転誤差 $\Delta \theta$ が求められ、円周に沿った観察視野52aでの検出結果よりX方向への位置ずれ量 ΔX が求められる。

【0049】一方、図5(b)に示すように、位置決め

対象がノッチ部NPを有するウエハ6Nである場合には、ノッチ部NP上の観察視野51aでの検出結果よりX方向及びY方向への位置ずれ量 ΔX , ΔY が求められる。従って、その他の2つの観察視野50a又は52aの何れか一方での検出結果より回転誤差 θ を求めるだけで、3つの位置ずれ量が求められる。但し、観察視野51a内のノッチ部NPの計測精度が低い場合には、3箇所の観察視野の検出結果を用いることにより、位置ずれ量の測定精度の向上が期待できる。

【0050】それ続くステップ105において、算出された回転誤差 $\Delta \theta$ がセンターアップ38の回転で補正できる許容範囲かどうか、及び位置ずれ量 ΔX , ΔY がウエハホルダ30で真空吸着可能な許容範囲かどうかを調べ、仮に何れかが許容範囲外であればステップ109に移行する。そして、位置ずれ量 ΔX , ΔY , $\Delta \theta$ の何れかが許容範囲外となったのが1回目である場合には、再度上述のラフなプリアライメントを行うためにステップ110に移行して、センターアップ38からスライダ23(ウエハアーム21)にウエハ6を受け渡し、更に図4(c)のターンテーブル60上にウエハ6を戻し、ラフなプリアライメントを実行する。その後、ステップ101に戻ってステップ105までの動作を繰り返す。

【0051】但し、ステップ105において、再び位置ずれ量 ΔX , ΔY , $\Delta \theta$ の何れかが許容範囲外となった場合には、単なる位置ずれ以外の何らかの障害が発生したと認識して、ステップ109を経てステップ111に移行して、エラー情報を出して、オペレータからの指示待ち状態となる。一方、ステップ105において、位置ずれ量 ΔX , ΔY , $\Delta \theta$ の全てが許容範囲内であれば、センターアップ38を下げると同時にウエハの回転誤差 $\Delta \theta$ を補正し(ステップ106)、ウエハホルダ30にウエハ6が接触したとほぼ同時にスピンドル部38a~38cの真空吸着をオフにし、ウエハホルダ30上の真空吸着をオンにすることで、ウエハホルダ30上にウエハ6を載置する(ステップ107)。その後、ウエハの位置ずれ量 ΔX , ΔY をオフセットとして後述のサーチアライメント位置に加算して、ウエハステージを駆動してウエハを移動することで(ステップ108)、一連のプリアライメントシーケンスが終了する。そして、図2のアライメント(サーチアライメント、及びファインアライメント)のシーケンスに移行する。

【0052】上述の本例のプリアライメント動作と、図14を参照して説明した従来のプリアライメント動作とを比較すると、図14の従来の方法では、例えば接触方式でウエハ6の回転誤差を計測した後、試料台9上のウエハの θ 回転補正機構8によってウエハの回転を補正していた。これに要する時間は1~2秒であるのに対し、本例の機構ではセンターアップ38を下げるのと同時に許容誤差内になるように予め回転補正を行うので、その

ような時間が発生しない。但し、ロットの先頭付近では数枚のウエハをウエハホルダ上で再載置するために時間を要するが、誤差量を平均して補正していく学習効果でロット内のウエハ枚数が多いほど再載置する回数及び時間が減少し、本発明の効果が高くなる。

【0053】また、図14に示す従来の投影露光装置には、移動鏡13が載置された試料台9とウエハ6との間に駆動系としてのウエハの θ 回転補正機構8が存在するが、本例では移動鏡13とウエハ6との間に駆動システムがないためステップング精度の安定性が高まる。次に、図2のアライメントのシーケンスにおいて、先ずサーチアライメントが実行される。但し、使用するアライメントセンサの検出可能な範囲（キャプチャレンジ）が広い場合で、且つプリアライメント精度が良好である場合にはサーチアライメントを省略してファインアライメントに入ることができる。例えばLSA方式、及びFIA方式のアライメントセンサでは検出可能な範囲が広く、例えば $\pm 2.5 \mu\text{m}$ 程度まで対応可能である。それに対して、LIA方式のアライメントセンサの検出可能な範囲は $\pm 1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度しかない。そのため、プリアライメント精度が $\pm 25 \mu\text{m}$ 以下ならば、LSA方式、又はFIA方式のアライメントセンサを使用する場合には、サーチアライメントなしにファインアライメントに移行することができる。

【0054】そこで、図2のステップ112において、使用するアライメントセンサの種類を判別し、LIA方式のアライメントセンサを使用するときにはステップ103以下のサーチアライメントシーケンスに移行し、LSA方式又はFIA方式のアライメントセンサを使用するときには、ステップ121に移行してプリアライメント精度が使用するアライメントセンサの検出可能な範囲外かどうか、即ちサーチアライメントを行うかどうかを判定する。そして、サーチアライメントを行うときにはステップ113に移行し、サーチアライメントを行わないときにはステップ126に移行する。

【0055】次に、サーチアライメントについて説明するが、ウエハ上にはサーチアライメント用のマークが形成されている。本例のウエハ6上にも、図4(a)に示すように、X方向に所定ピッチで形成されたライン・アンド・スペースパターンよりなるX軸のサーチマーク45Xと、Y方向に所定ピッチで形成されたライン・アンド・スペースパターンよりなるY軸のサーチマーク45Yとを組み合わせたFIA方式用の第1サーチマーク47Aが形成されている。更に、第1サーチマーク47AからはほぼY方向に所定間隔離れた位置に、X軸のサーチマーク44Xと、Y軸のサーチマーク44Yとを組み合わせたFIA方式用の第2サーチマーク47Bが形成されている。本例では2つのサーチマーク47A、47Bの位置検出を行うために図3のFIA方式のアライメントセンサ5Aが使用され、後述のようにウエハ6の回転

角を検出するためにFIA方式のアライメントセンサ5Bが検出される。そこで、2つのアライメントセンサを区別するために、以下ではアライメントセンサ5Aを「FIA顕微鏡5A」と呼び、アライメントセンサ5Bを「 θ 顕微鏡5B」と呼ぶ。

【0056】また、ウエハ6上の全部のショット領域にはそれぞれファインアライメント用のウエハマーク（以下、「ファインマーク」という）も形成されている。具体的に、図4(a)において、ウエハ6上の全ショット領域を代表して表すショット領域SAには、Y方向に伸びた点列状のX軸のファインマーク46X、及びX方向に伸びたY軸のファインマーク46Yも形成されている。これらのファインマーク46X、46Yは、図3のTTL方式のアライメントセンサ4中のLSA方式のアライメントセンサで検出されるマークである。なお、実際に使用されるファインマークとしては、プロセスに応じてLIA方式用のマークや、FIA方式用のマークもある。

【0057】また、図8(a)及び(b)はウエハ6上のマーク配置を示し、これら図8(a)及び(b)において、第1サーチマーク47Aは、4個のショット領域48A～48Dに囲まれたストリートライン領域にあり、第2サーチマーク47Bも別の4個のショット領域49A～49Dに囲まれたストリートライン領域にある。また、円形の観察視野5Aaは図3のFIA顕微鏡5Aの有効観察視野であり、それからX方向に離れた位置にある観察視野5Baは図3の θ 顕微鏡5Bの有効観察視野である。

【0058】次に、サーチアライメントを行うために、ステップ113において、ウエハステージを駆動して、図8(a)に示すようにFIA顕微鏡5Aの観察視野5Aa内に第1サーチマーク47Aを移動する。この状態では、 θ 顕微鏡5Bの観察視野5Ba内には第2サーチマーク47Bはなく、ショット領域49A、49Bの端部、及びストリートライン領域70がある。その後、これから露光するウエハ6がこのロット中の先頭のウエハかどうかを判定し（ステップ114）、先頭のウエハである場合にはステップ115に移行して、FIA顕微鏡5Aで第1サーチマーク47AのX方向、Y方向の座標(F_{x1} , F_{y2})を検出する。

【0059】ここで、ステップ115における検出方法の一例につき図9を参照して説明する。図9(a)は、FIA顕微鏡5Aの観察視野内で実際に撮像素子により撮像される検出範囲68を示し、この図9(a)において、検出範囲68内にX方向に対応する2個の独立の指標マーク66X1、66X2、及びY方向に対応する2個の独立の指標マーク66Y1、66Y2が表示されている。これらの指標マーク66X1、66X2、66Y1、66Y2は、図3のFIA顕微鏡5A内でウエハの表面との共役面に配置され、且つウエハ上のマークを検

出するための照明光とは独立の照明光で照明されている。また、FIA顕微鏡5A内にはX方向に対応する方向に走査を行うX軸用の撮像素子と、Y方向に対応する方向に走査を行うY軸用の撮像素子とが並列に設けられ、X軸用の撮像素子は指標マーク66X1、66X2を横切る方向に走査を行って、図7(c)に示す撮像信号SX1を出力する。図7(c)内の信号部67XがX軸のサーチマーク45Xに対応し、その撮像信号SX1をアナログ/デジタル(A/D)変化して画像処理することにより、指標マーク66X1、66X2を基準とした第1サーチマーク47AのX座標が検出される。

【0060】同様に、Y軸用の撮像素子は指標マーク66Y1、66Y2を横切る方向に走査を行って、図7(b)に示す撮像信号SY1を出力する。図7(b)内の信号部67YがY軸のサーチマーク45Yに対応し、その撮像信号SY1を画像処理することにより、指標マーク66Y1、66Y2を基準とした第1サーチマーク47AのY座標が検出される。但し、指標マークの代わりに、例えばFIA顕微鏡5A内の撮像素子の所定の画素、又は撮像管を使用する際には走査開始点等を基準と

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (F_{x1} + F_{x2})/2 \\ (F_{y1} + F_{y2})/2 \end{bmatrix}$$

【0064】次に、ステップ119において、XY θ 変換座標(X_p , Y_p)に従ってウエハステージを駆動して、図8(a)に示すようにFIA顕微鏡5Aの観察視野5Aa内に第1サーチマーク47Aを再び移動する。それに続くステップ120において、ステップ119が終了した状態で θ 顕微鏡5Bの観察視野5Ba内に存在するパターン(ストリートライン等)を撮像し、撮像された画像を記憶するか形状の特徴を記憶する。この動作につき図10を参照して説明する。

【0065】図10(a)はステップ119が終了した状態でのFIA顕微鏡5Aの検出領域68の画像を示し、この図10(a)の画像をY軸の撮像素子でY方向に走査して得られる撮像信号SY1を図11(a)に示す。このようにXY θ 変換座標に従って移動すると、第1サーチマーク47Aの中心はFIA顕微鏡5Aの検出領域68の中心に設定される。また、第1サーチマーク47AのY軸用のサーチマーク45Yに対応して、図11(a)の撮像信号SY1は位置 Y_1 , Y_2 , Y_3 で下側にピークとなっている。そこで、 $(Y_1 + Y_2 + Y_3)/3$ で求められるY座標 Y_A が第1サーチマーク47AのY方向の位置として検出される。

【0066】これに対し、図10(b)はステップ119が終了した状態での θ 顕微鏡5Bの検出領域69内の画像を示し、この図10(b)において、X方向に伸びる2つのエッジ部70a, 70bに挟まれたストリートライン領域70の上下にそれぞれ、ショット領域49A内のパターン71A、及びショット領域49B内のパタ

して位置検出を行ってもよい。

【0061】その後、ウエハステージを駆動して、図8(b)に示すようにFIA顕微鏡5Aの観察視野5Aa内に第2サーチマーク47Bを移動して(ステップ116)、FIA顕微鏡5Aで第2サーチマーク47BのX方向、Y方向の座標(F_{x2} , F_{y2})を検出する(ステップ117)。次に、ステップ108において、2つのサーチマーク47A, 47Bの位置を基準として、ウエハステージの座標系(X, Y)に回転角 θ 、及びオフセット($(F_{x1} + F_{x2})/2$, $(F_{y1} + F_{y2})/2$)を与えた新たな座標系(以下、「XY θ 変換座標」と呼ぶ)(X_p , Y_p)を導入する。この場合の回転角 θ は、2つのサーチマーク47A, 47Bの間隔をLとして次式で表される。

【0062】

$$\text{【数1】 } \theta = \arctan \{ (F_{y2} - F_{y1}) / L \}$$

そして、新たなXY θ 変換座標(X_p , Y_p)は、ウエハステージの座標系(X, Y)に対して次式で表される。

【0063】

【数2】

ーン71Bがある。そして、本例のXY θ 変換座標(X_p , Y_p)の決定方法から、ストリートライン領域70中に、XY θ 変換座標における X_p 軸、即ち座標 Y_p の値が0となる直線が存在するため、その直線を一点鎖線の仮想直線70cとする。本例では、図10(b)の画像をY方向(ほぼ Y_p 方向とみなしている)に対応する方向に走査することにより、図11(b)に示す撮像信号SY2を得る。この図11(b)において、下方向への2つのピークの位置SR1及びSR2がそれぞれ、図10(b)のエッジ部70a, 70bのY座標に対応する。そこで、図10(b)の仮想直線70cに対応する図11(b)上での位置YB(即ち、 $Y_p = 0$ となる位置)を求める。

【0067】そして、本例では位置YBと両隣の位置SR1, SR2とのそれぞれの間隔 $\Delta SR1$, $\Delta SR2$ を検出することにより、図10(b)における仮想直線70cとストリートライン領域70の2つのエッジ部70a, 70bとのY方向への間隔を求め、これを図3の中央制御系18内に記憶する。更に、エッジ部70a, 70bとその他のパターン(パターン71A, 71B等)とを正確に識別できるように、図11(b)の撮像信号SY2中の位置SR1, SR2での信号強度、その他のパターンに対応する部分での信号強度、及び位置SR1, SR2とその他のパターンとの間隔等の特徴を求めて中央制御系18内に記憶する。1ロット内のウエハでは2つのサーチマーク47A, 47Bとストリートライン領域70との位置関係は同じであるとみなして、2枚

目以降のウエハに対しては、図11(b)の撮像信号SY2から位置SR1, SR2を識別し、位置SR1, SR2に基づいて座標 Y_p が0となる位置YBを検出するようにする。

【0068】なお、上述の例では図11(b)の撮像信号SY2から2つのエッジのピークの位置SR1, SR2を識別しているが、その撮像信号SY2の波形をA/D変換して記憶し、次のウエハで得られた撮像信号の波形との相関をとることで座標 Y_p が0となる位置YBを検出する方法も考えられる。また、上述の例では図10(a)に示すように、第1サーチマーク47Aの中心をFIA顕微鏡5Aの検出領域68の中心に設定しているが、図10(b)に示すように、座標YPが0となる仮想直線70cが θ 顕微鏡5Bの検出領域69の中心になるような新しい座標系を設定してもよい。

【0069】次に、ステップ122に移行して、ウエハ6上の所定のショット領域に付設されたファインマーク46X, 46Yの位置検出を行うことによりファインアライメントを行う。ここでは、例えば特開昭61-44429号公報で開示されているようなエンハンスト・グローバル・アライメント（以下、「EGA」という）方式でファインアライメントを行う。即ち、XY θ 変換座標に基づいてウエハステージを駆動することにより、アライメントセンサ4を用いて、ウエハ6上から選択された所定個数のショット領域（サンプルショット）に付設されたX軸、及びY軸のファインマークの座標を検出し、この検出結果を統計処理してウエハ6上の全部のショット領域のXY θ 変換座標での配列座標を算出する。

【0070】その後、ステップ123において、そのファインアライメントで算出された各ショット領域の配列座標に基づいて順次ウエハステージを駆動して、ウエハ6上の各ショット領域を露光位置に位置決めしてそれぞれレチクル1のパターン像を投影露光する。この際に、最終的な位置調整ではウエハステージを静止した状態で、レチクル1側のステージを駆動してレチクルとウエハとの相対的な位置ずれ量を補正してもよい。これによってウエハ6への露光が終了し、ウエハ6が搬出された後に、このロット内で次に露光するウエハについて図1のステップ101~108が実行されてプリアライメントが行われる。その後、そのウエハについて図2のステップ112及び113が実行されてステップ114に移行する。

【0071】今度のウエハはこのロット内の2枚目以降であるため、動作はステップ114からステップ124に移行して、図8(a)と同様の状態でFIA顕微鏡5Aにより第1サーチマーク47AのX座標、及びY座標(F_{x1} , F_{y1})を検出すると同時に、 θ 顕微鏡5Bによってストリートライン領域70の両側のエッジ部のY座標SR1, SR2を検出する。この際にステップ120で記憶した画像データより、ストリートライン領域7

0の両側のエッジ部とそれ以外のパターンとの識別を行う。また、それらのY座標SR1, SR2より新たな座標系の Y_p 軸の値が0となるときのY座標YBを求める。

【0072】そして、ステップ125において、ウエハステージの座標系(X, Y)に回転角 θ 、及びオフセット(O_x , O_y)を与えた新たなXY θ 変換座標(X_p , Y_p)を導入する。この場合の回転角 θ は、FIA顕微鏡5Aの検出中心と θ 顕微鏡5Bの検出中心との間隔 L' と、上述の計測値とを用いて次式で表される。

【0073】

$$\text{【数3】 } \theta = \arctan \{ (YB - F_{y1}) / L' \}$$

また、2つのサーチマーク47A, 47Bの間隔Lを用いると、1次近似で第2サーチマーク47Bの座標(F_{x2} , F_{y2})はほぼ($F_{x1} + L$, $F_{y2} + \theta \cdot L$)で与えられる。そこで、オフセット(O_x , O_y)をそれら2つのサーチマーク47A, 47Bの中点の座標として、新たなXY θ 変換座標(X_p , Y_p)は、ウエハステージの座標系(X, Y)に対して上述の(数2)で表される。その後はステップ122, 123でそのウエハに対するアライメント及び露光が行われる。この際に、2枚目以降のウエハに対してはサーチアライメント時に、FIA顕微鏡5A及び θ 顕微鏡5Bで同時計測を行い、X, Y方向の位置及び回転角を一度に求めるため、計測時間が短縮されスループットが向上している。

【0074】次に、使用するアライメントセンサがLSA方式、又はFIA方式で、且つサーチアライメントを行わない場合の説明を行う。この場合の動作はステップ121からステップ126に移行して、先ずモード選択が行われる。本例ではラフモードと、ファインモードとの2つのモードがある。本例では図1に示すプリアライメントの精度は例えば標準偏差の3倍(3σ)で20 μ m程度であるため、ファインアライメント開始時の精度としては十分である場合(ラフモード)と、不十分である場合(ファインモード)とに分かれる。そこで、ラフモードのときにはステップ122に移行して、そのプリアライメントの精度のままで、例えば所定個数のサンプルショットの位置計測を行うことによりEGA方式のファインアライメントを行う。

【0075】一方、ファインモードのときには、指定されたアライメントセンサを用いて、ウエハ上の離れた2箇所のショット領域に付設されたX軸、及びY軸のファインマークの座標を計測し(ステップ127)、その結果からステップ118と同様にXY θ 変換座標を求める(ステップ128)。その後、XY θ 変換座標に従ってウエハステージを駆動することにより、3番目のサンプルショット以降、又は最初のショット領域も含めてそれぞれ、ファインマークの中心をアライメントセンサの検出領域のほぼ中心に設定して計測を行い(ステップ129)、計測終了後にステップ123で露光を行う。

【0076】一般的には、LSA方式やFIA方式では検出可能な範囲が広いが、スループットの点で有利なラフモードが選択されるが、例えばFIA方式の画像処理系の画面内ディストーションや倍率誤差等の影響を排除して高精度で測定を行うことが要求される場合は、画面ディストーション等を予め計測して補正するか、又はファインモードが望ましい。また、モード選択は予めプロセスに応じて選択するようにしてもよいが、プリアライメント精度の良否によって自動的にモード選択を行ってもよい。なお、図2のステップ124において、 θ 顕微鏡5Bの検出範囲内にパターンが存在しない場合は、検出対象パターン無しと判定して、先頭ウエハに対して行ったステップ115～118を実行した後、ステップ122に移るシーケンスを自動的に選択する。

【0077】なお、上述の実施の形態では、プリアライメント終了後にサーチアライメント又はファインアライメントに移行できることを前提とした。しかし、例えば他の露光装置でウエハ上の1層目への露光が行われており、その2層目に図3の投影露光装置で露光を行う場合で、且つそれら2つの露光装置間でアライメントセンサの設置位置等のマッチングが取れていないような場合には、ウエハが外形基準で正確に位置合わせされても、サーチマーク47A、47Bがアライメントセンサの観察視野に存在しない程、サーチマーク47A、47Bの位置がX方向、Y方向、回転方向にずれていることがある。このようなときには、ロットの第1ウエハにおいて、図1のプリアライメント終了後にオペレータの指示待ちとし、オペレータによってサーチマーク47A、47Bの位置のマニュアル計測を実施してもよい。そして、その結果をもとに、センターアップ回転機構用の回転角のオフセット、及びサーチアライメント位置のX方向、Y方向へのオフセットを算出して補正してやれば、そのロットの第2ウエハ以降は図1のプリアライメント後に、図2のサーチアライメント又はファインアライメントに自動的に移行することが可能となる。

【0078】なお、本発明はステップ・アンド・リピート型の露光装置のみでなく、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置等の露光装置にも適用できる。このように本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0079】

【発明の効果】本発明の第1の位置決め方法によれば、感光基板（ウエハ）の受け渡しが行われた直後に、例えば照明系が備えられた2次元画像処理装置を用いて非接触で感光基板の外周部のエッジ計測を行うので、感光基板を基板ステージ上に降下させるのと並行して、感光基板の回転誤差の補正（プリアライメント）を行うことができる。従って、プリアライメントに要する時間を短縮できる。また、基板ステージ側に回転機構を設ける必要がないため、基板ステージ（ウエハステージ）の構成が

簡略化でき、それにより基板ステージの剛性向上及び軽量化を図ることができ、結果として例えば基板のローダ系から基板ステージに感光基板を載置する際の感光基板の位置決めを高速且つ高精度に行うことができる利点がある。

【0080】また、本発明の第2の位置決め方法によれば、第1の感光基板において第1のサーチ用マークから所定間隔離れた例えばストリートライン領域等のパターン形状を記憶し、第2の感光基板に対してはその記憶したデータを用いて回転誤差の算出等（サーチアライメント）を実行している。従って、第2の感光基板では基板ステージを移動することなく1回の計測で、2次元的な位置ずれ量、及び回転誤差を求めることができるので、高速にアライメントを行うことができる。また、感光基板上のパターンを検出する方式であるため、2つのサーチ用マークの配置に制約を課すことなく位置決めを行うことができる利点もある。

【0081】また、第1工程から第3工程までを1ロット中の先頭の感光基板に対して実行し、残りの感光基板に対しては先頭の感光基板で記憶されたパターンに基づいて回転誤差を求めるときには、先頭の感光基板以外の計測時間が短縮されるため、全体としての位置決めに要する時間が大幅に短縮される。更に、2枚目以降の感光基板に対しては、必ずしも2つのサーチ用マークを形成する必要がないため、マーク形成工程が簡略化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による位置合わせ方法の実施の形態の一例のプリアライメント工程を示すフローチャートである。

【図2】本発明による位置合わせ方法の実施の形態の一例のサーチアライメント、及び

【図3】図1及び図2の位置合わせ方法を実施するための投影露光装置の一例を示す概略構成図である。

【図4】図3の投影露光装置で用いられるウエハ搬送装置、ウエハの受け渡し機構、及びターンテーブル機構を示す図である。

【図5】（a）はオリエンテーションフラット部を有するウエハを示す平面図、（b）はノッチ部を有するウエハを示す平面図である。

【図6】ウエハのエッジ部を検出するための2次元の画像処理装置50の構成を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図7】ウエハのノッチ部の検出方法の説明に供する図である。

【図8】（a）は第1ファインマーク47AがFIA顕微鏡5Aの観察視野内にある場合を示す平面図、（b）は第2ファインマーク47BがFIA顕微鏡5Aの観察視野内にある場合を示す平面図である。

【図9】（a）はその実施の形態の一例において、1番目のウエハの第1サーチマーク47Aの観察画像を示す

図、(b)は図9(a)をY方向に走査して得られる撮像信号を示す波形図、(c)は図9(a)をX方向に走査して得られる撮像信号を示す波形図である。

【図10】(a)は2番目以降のウエハの第1サーチマーク47Aの観察画像を示す図、(b)はその際に θ 顕微鏡5Bで観察される画像を示す図である。

【図11】(a)は図10(a)の画像に対応する撮像信号を示す波形図、(b)は図10(b)の画像に対応する撮像信号を示す波形図である。

【図12】画像処理装置50の別の例を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図13】ウエハの種々のノッチ部及びオリエンテーションフラット部の説明図である。

【図14】従来の投影露光装置に用いられるウエハの受け渡し機構を示す構成図である。

【符号の説明】

1 レチクル

3 投影光学系

4 LIA方式、及びLSA方式のアライメントセンサ

5A FIA方式のアライメントセンサ(FIA顕微鏡)

5B FIA方式のアライメントセンサ(θ 顕微鏡)

6 ウエハ

10 Zチルト駆動部

11 Xステージ

12 Yステージ

15 アライメント制御系

16 ステージ制御系

18 中央制御系

21, 22 ウエハアーム

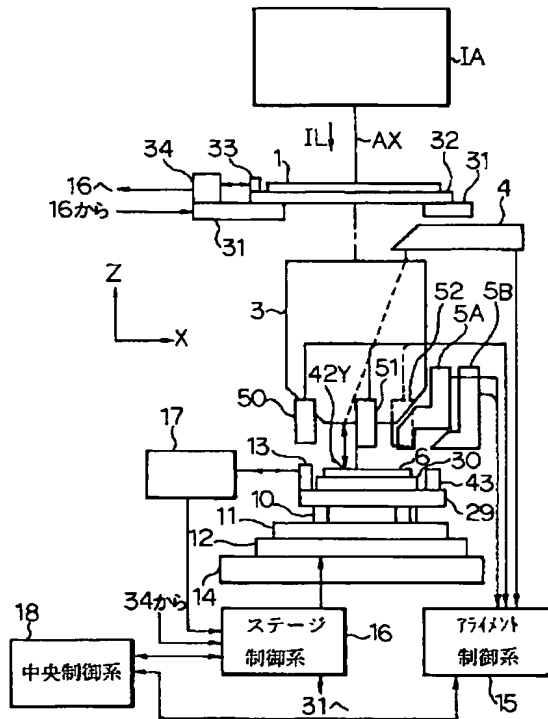
23 スライダー

29 試料台

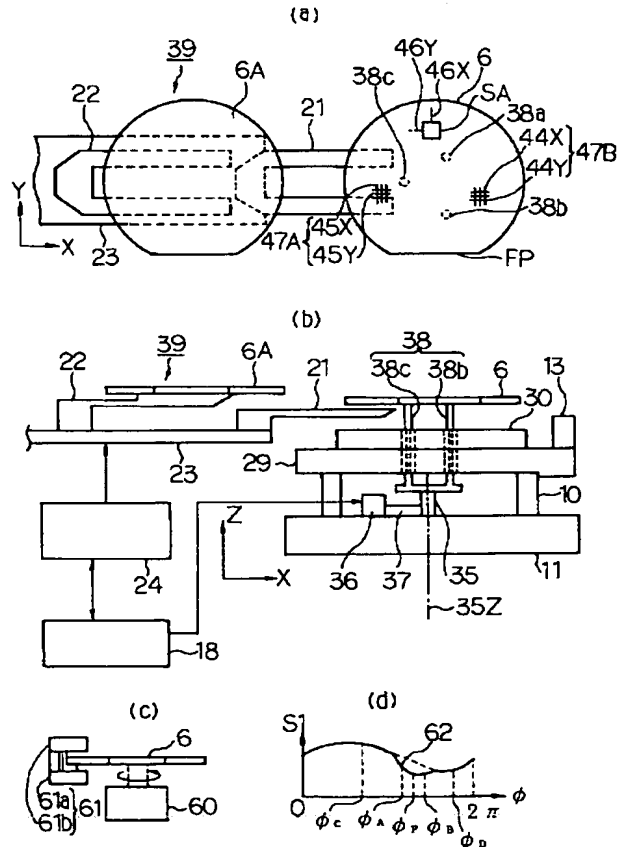
38 センターアップ

50, 51, 52 2次元の画像処理装置

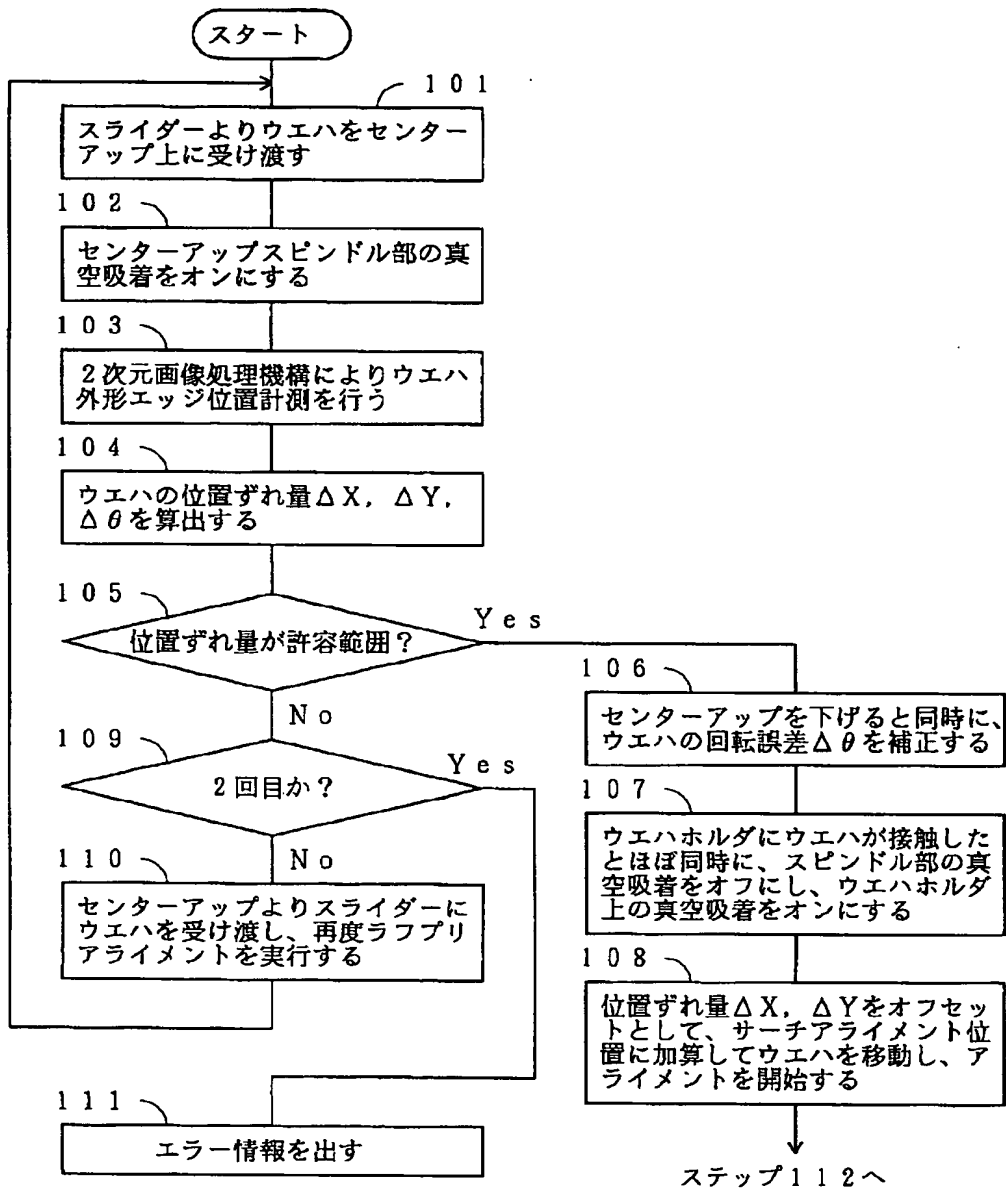
【図3】



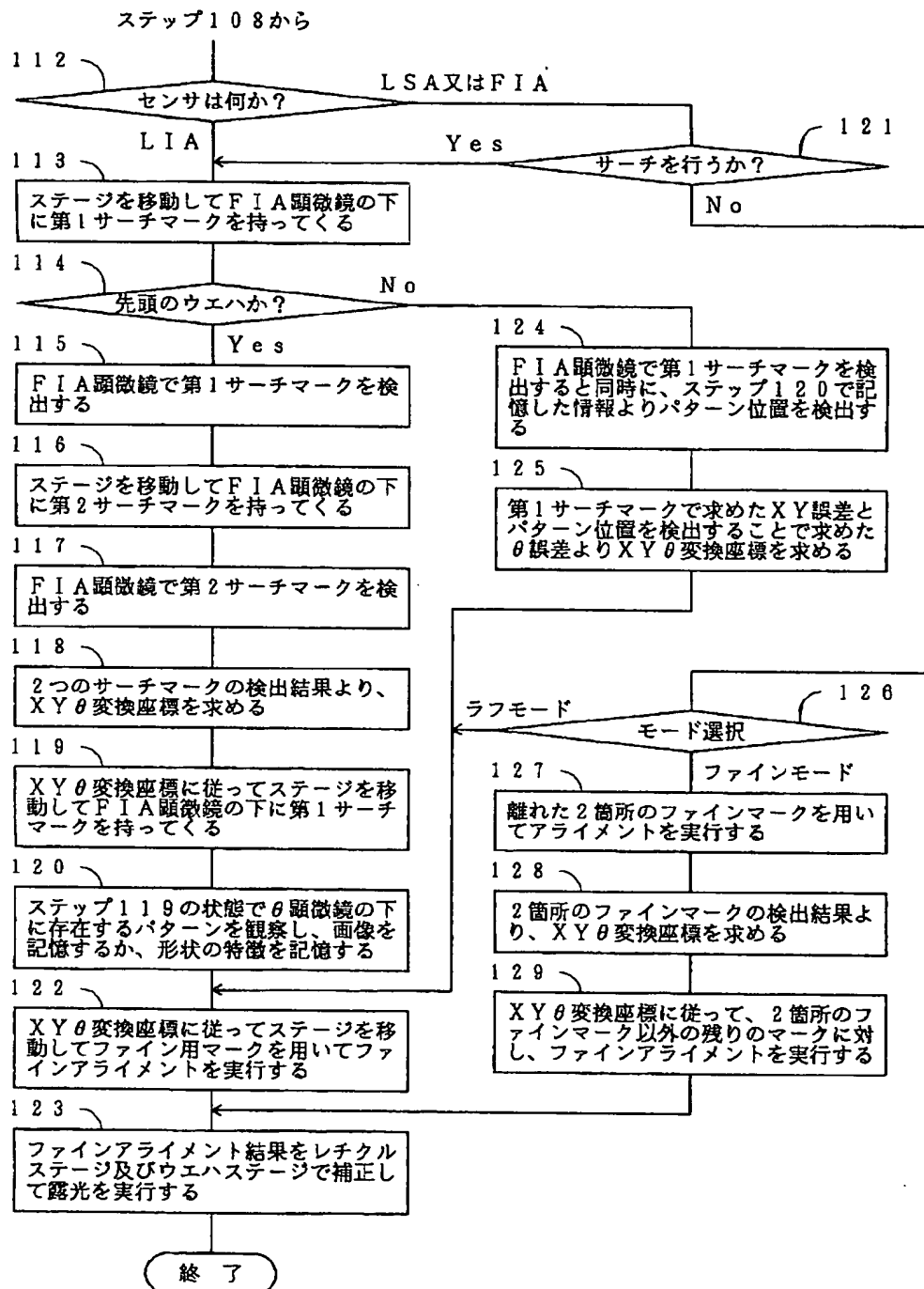
【図4】



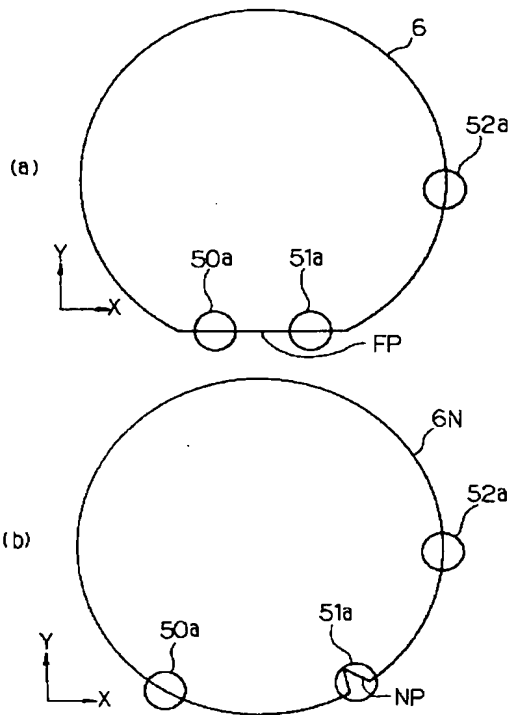
【図1】



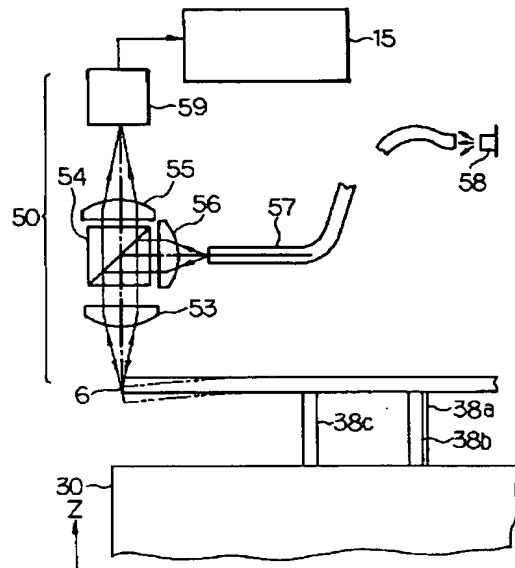
【図2】



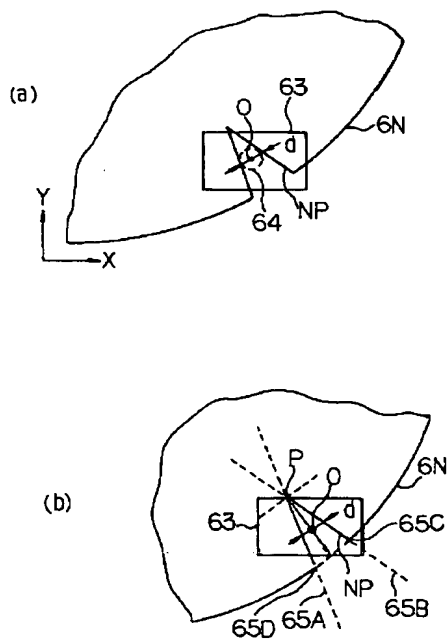
【図5】



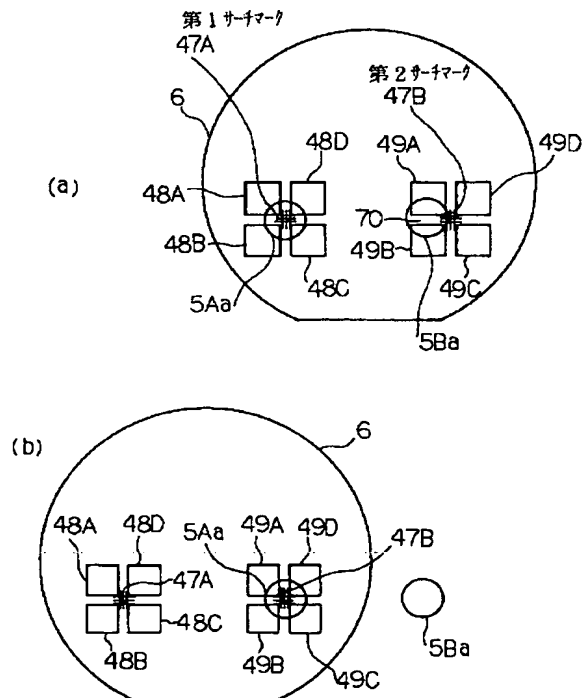
【図6】



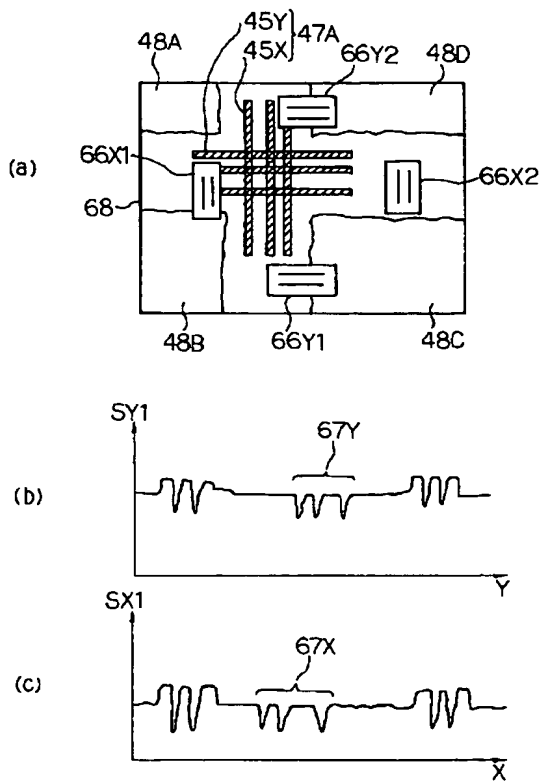
【図7】



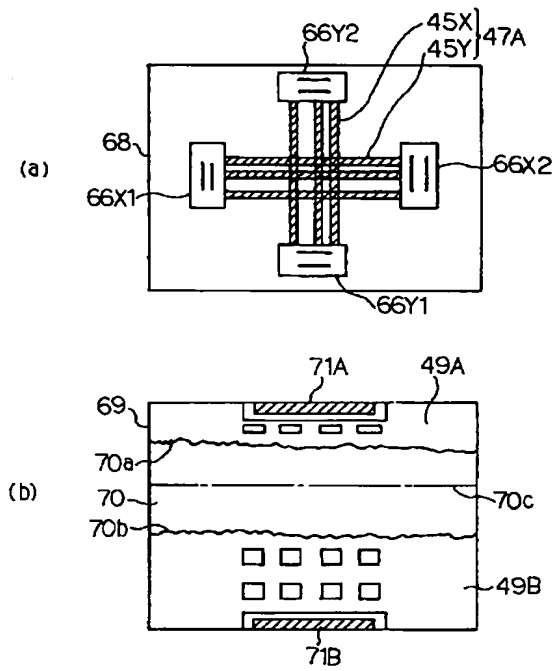
【図8】



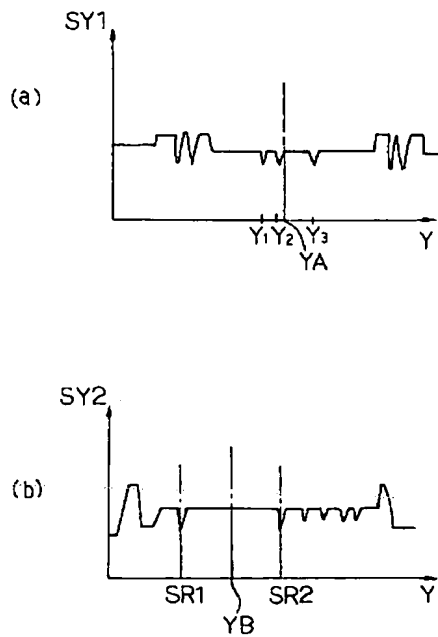
【図9】



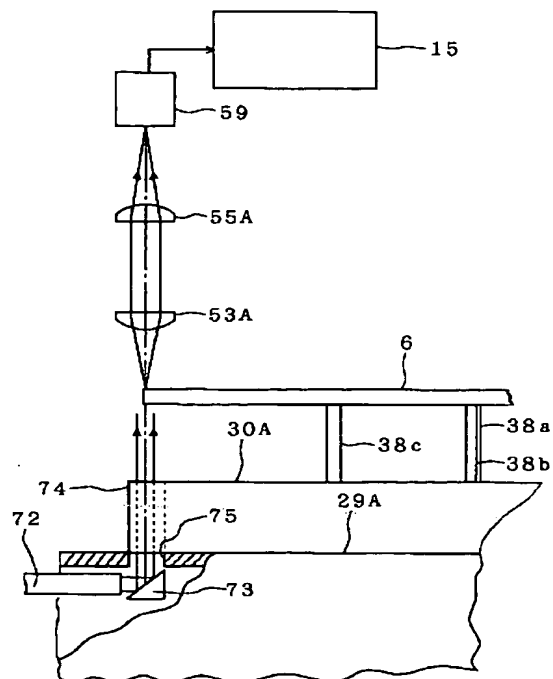
【図10】



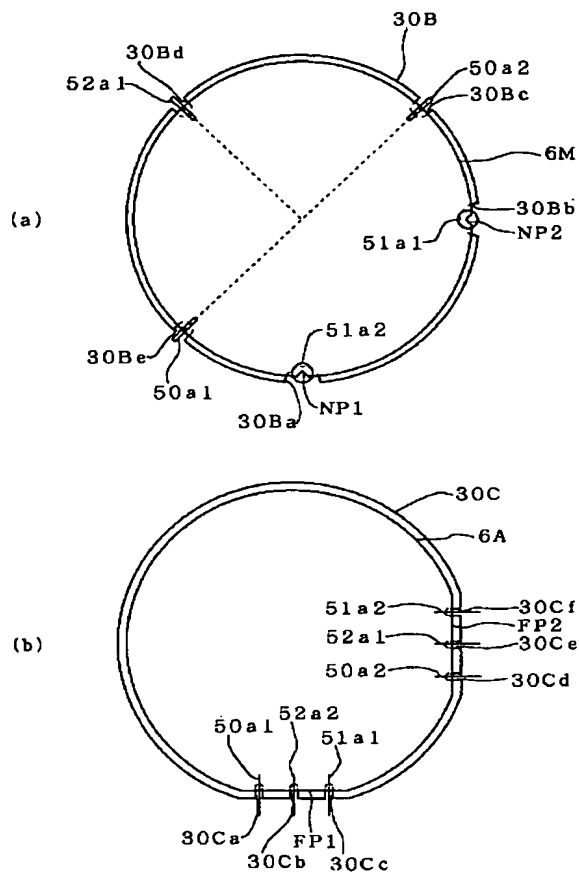
【図11】



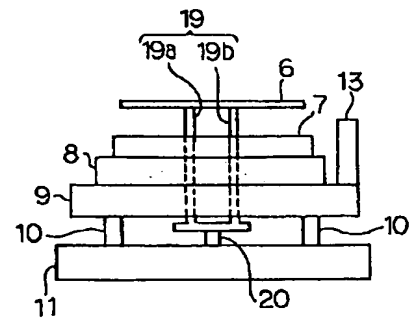
【図12】



【図13】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成8年1月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】本発明による位置合わせ方法の実施の形態の一例のサーチアライメント、及びファインアライメント工程を示すフローチャートである。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

FI

H01L 21/30

技術表示箇所

520A